



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 40 33 707 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁵:
H 01 C 7/00
H 05 K 1/16
H 01 C 17/06

②1 Aktenzeichen: P 40 33 707.3
②2 Anmeldetag: 24. 10. 90
④3 Offenlegungstag: 30. 4. 92

DE 40 33 707 A 1

⑦1 Anmelder:

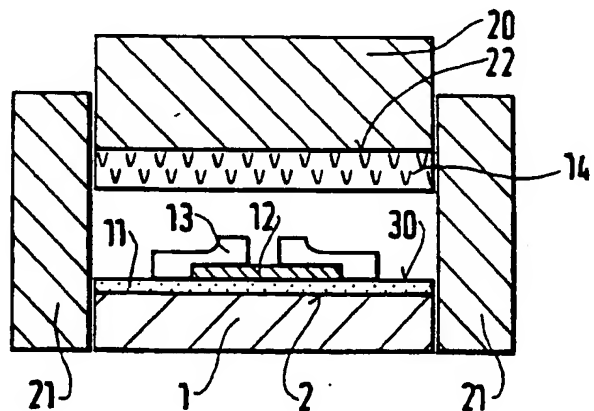
Robert Bosch GmbH, 7000 Stuttgart, DE

⑦2 Erfinder:

Stecher, Günther, Dipl.-Phys., 7140 Ludwigsburg,
DE; Grünwald, Werner, Dipl.-Phys. Dr., 7016
Gerlingen, DE

⑤4 Cermet-Dickschichtwiderstandselement sowie Verfahren zu seiner Herstellung

⑤7 Es werden ein Widerstandselement mit besonders glatter Oberfläche, sowie ein Verfahren zu dessen Herstellung vorgeschlagen. Das Widerstandselement ist eine Dickschichtanordnung, bestehend aus wenigstens einer Leitungsbahnschicht (13) und einer Widerstandsschicht (12) aus Cermet auf einem keramischen Substrat (14). Die Schichtanordnung (12-14) wird auf eine Druckunterlage (1) aufgebracht und anschließend in einem Preßwerkzeug (20-22) mit dem Substrat (14) verpreßt. Nach Abschluß des Preßvorgangs wird die Druckunterlage (1) entfernt. Als Substrat wird vorzugsweise eine ungebrannte, flexible Keramikfolie verwendet.



DE 40 33 707 A 1

Die Erfindung betrifft ein Widerstandselement sowie ein Verfahren zu dessen Herstellung.

Ein Verfahren zur Herstellung von Widerstandselementen in Dickschichttechnik mit glatter Oberfläche ist aus der Zeitschrift "Elektronik" 10/84, Seite 104 als "Leitplastikpreßverfahren" bekannt. Darin werden zunächst Widerstands- und Leitungsbahnen auf Harzbasis auf einen hochglanzpolierten Stempel aufgebracht, der anschließend in einem Preßwerkzeug unter hohem Druck und erhöhter Temperatur mit glasfaserverstärktem Preßmaterial auf Harzbasis verpreßt. Das Verfahren liefert hochglatte Oberflächen, ist jedoch auf den Fall beschränkt, daß sowohl die auf dem Stempel aufbrachte Schichtanordnung als auch das Preßmaterial auf Harzbasis aufgebaut sind.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, verschleißfeste Widerstandselemente mit glatter und harter Oberfläche preiswert herzustellen, welche auch bei hohen Temperaturen bis zu 800°C einsetzbar sind, insbesondere als Kraft- und Drucksensoren.

Vorteile der Erfindung

Die erfindungsgemäß hergestellten Widerstandselemente zeichnen sich durch eine sehr glatte und harte Oberfläche sowie hohe Temperaturfestigkeit aus. Die Oberfläche weist weder vom Siebdruck herrührende Maschenstrukturen noch durch den additiven Schichtaufbau bedingte Unebenheiten auf. Durch eine hohe Abriebfestigkeit der sehr harten Oberfläche sind die Widerstandselemente insbesondere für Potentiometer geeignet. Eine aufwendige Nachbehandlung zur Erzeugung einer glatten Oberfläche entfällt. Statt dessen muß lediglich einmalig eine dann für beliebig viele Herstellungsdurchläufe wiederverwendbare Druckunterlage glattgeschliffen werden. Eine Vielzahl von geometrischen Ausgestaltungen ist möglich. So kann durch die entsprechende Gestaltung des Preßwerkzeuges eine beliebige äußere Form realisiert werden, wie beispielsweise die Form einer Unterlegscheibe, d. h. mit Mittenaussparung, oder eine Stabform. Die Dickschichttechnik erlaubt auch, bei fester äußerer Form der Widerstandselemente nur die Oberflächenaufteilung variabel zu gestalten. So könnte bei einem beispielsweise scheibenförmigen Widerstandselement die Widerstandsschicht wahlweise parallel zum Scheitelrand verlaufen oder wie mäanderrförmig gestaltet werden. Erfindungsgemäß hergestellte Widerstandselemente sind ferner aufgrund ihrer, infolge der glatten Oberfläche, sehr guten Oberflächenpressungseigenschaften und ihrer geringen Temperaturempfindlichkeit gut geeignet als Kraft- oder Drucksensoren.

Zeichnung

Die Zeichnung zeigt ein Ausführungsbeispiel, welches in der sich anschließenden Beschreibung näher erläutert wird. Fig. 1 zeigt einen Schnitt durch die mit einer Trennmittelschicht benutzte Druckunterlage, Fig. 2 die Druckunterlage mit Trennmittelschicht und Schichtanordnung vor dem Verpressen, Fig. 3 einen Schnitt durch das Preßwerkzeug mit eingelegter Schichtanordnung, Fig. 4 einen Schnitt durch den bei der Pressung entste-

5 In einem vorbereitenden Verfahrensschritt wird die Oberfläche 2 einer Druckunterlage 1 aus Stahl oder keramischem Werkstoff, sofern notwendig, glattgeschliffen und/oder hochglanzpoliert. Die Druckunterlage 1 kann auch in Form einer Polyesterfolie vorliegen. Die eingestellte Oberflächenrauigkeit wird als Negativabdruck auf die spätere Widerstandsoberfläche abgebildet. Die Glättung der Druckunterlagenoberfläche 2 muß, um eine für die Widerstandsoberfläche 30 gewünschte Qualität aufzuweisen, mit einer entsprechenden Sorgfalt durchgeführt werden.

Die glattpolierte Oberfläche 2 der Druckunterlage 1 wird im ersten Verfahrensschritt, Fig. 1, zweckmäßig ganzflächig mit einer Trennmittelschicht 11 benetzt. Ein geeignetes Trennmittel ist z. B. Siliconöl. Dieser Schritt kann entfallen, wenn für die nachfolgenden Schichten 12 bis 14 Pasten bzw. Material verwendet wird, denen ein Trennmittel 11 bereits beigemischt wurde. Eine Trennmittelschicht ist ebenfalls dann nicht erforderlich, wenn für die Druckunterlage 1 Materialien eingesetzt werden, welche keine feste Haftverbindung mit der Schichtanordnung eingehen, wie einige keramische Materialien, beispielsweise TiN.

Im zweiten Verfahrensschritt, Fig. 2, wird auf die, im allgemeinen mit einer Trennmittelschicht 11 versehene, Druckunterlage 1 durch Siebdruck eine Widerstandsschicht 12 aus Cermet (Ceramik-Metall-Mischung) aufgebracht, welche die Widerstandsbahn(en) bildet. Aufgebracht wird das Spiegelbild der für das Widerstandselement gewünschten Struktur, das insbesondere aus mehreren Widerstandsbahnen bestehen kann. Als Ausgangsmaterial für den Widerstand können handelsübliche Pasten verwendet werden, wie sie beispielsweise bei der Firma DU PONT, Frankfurt erhältlich sind. Die Dicke der Schicht beträgt zweckmäßig 20–25 µm, kann aber auch deutlich von diesen Werten abweichen. Beim Übergang zu größeren Schichtdicken muß berücksichtigt werden, daß eine größere Schichtdicke bei gleicher Breite der Widerstandsbahnen zu einem niedrigen Bahnwiderstand und dadurch zu einem kleineren Meßsignal führt. Gegebenenfalls muß in diesem Fall zur Kompensation eine entsprechend höherohmige Paste eingesetzt werden. Entsprechend sind für kleinere Schichtdicken niederohmige und ausreichend feinkörnige Pasten zu verwenden.

Nach der Cermet-Widerstandsschicht 12 wird eine elektrisch leitfähige Schicht aus Silber-Palladium o. ä. (Gold, Platin) aufgetragen, welche die Leitungsbahnen 13 bildet. Im allgemeinen sollten jeweils mindestens zwei getrennte Leitungsbahnen 13 eine Widerstandsbahn 12 kontaktieren. Zweckmäßig werden die Leitungsbahnen 13 entlang der Ränder der Cermet-Widerstandsbahnen 12 so aufgebracht, daß sie die Ränder überlappen. Die Dicke der leitfähigen Schicht 13 sollte wie die der Widerstandsschicht 12 ca. 20–25 µm betragen, wodurch einerseits Porenfreiheit der Schicht gewährleistet ist, andererseits die Paste möglichst wirtschaftlich eingesetzt wird.

Für den dritten Verfahrensschritt, Fig. 3, ist ein Preßwerkzeug 20 bis 22, bestehend aus Seitenteilen 21 und einer beweglichen, vorzugsweise parallel zu den Seitenteilen 21 verschiebbaren, Bodenteil 20, erforderlich. Das Oberflächenprofil der nach innen weisenden Fläche 22 des Preßwerkzeuges 20 bis 22 wird als Negativabdruck

auf die spätere Unterseite 31 des Widerstandselementes abgebildet. Die Oberfläche 22 des Bodenteils 20 sollte daher glatt geschliffen werden. Die anzustrebende Güte der Oberfläche 22 hinsichtlich Rauhtiefe richtet sich nach dem vorgesehenen Verwendungszweck des fertigen Widerstandselementes. Wird für die äußere Gestalt des Widerstandselementes eine Form mit Ausparungen gewünscht, wie z. B. die Form einer Unterlegscheibe mit Loch in der Mitte, muß das Preßwerkzeug 20 bis 22 entsprechend gestaltet werden. Das Preßwerkzeug 20 bis 22 kann aus Stahl, Aluminium oder auch aus geeigneten keramischen Werkstoffen bestehen.

Zur Durchführung des dritten Verfahrensschrittes, Fig. 3, wird in das Preßwerkzeug 20 bis 22 zunächst eine ungebrannte flexible Keramiksubstratfolie 14, erhältlich z. B. bei DUPONT, Handelsbezeichnung "Green Tape" 851 AT, gelegt. Danach wird die Druckunterlage 1 mit darauf befindlicher Schichtanordnung 11 bis 14 in das Preßwerkzeug 20 bis 22 so eingesetzt, daß die Schichtanordnung der Keramikfolie 14 gegenüberliegt. Hierbei ist entscheidend, daß die Schichtanordnung 11 bis 13 beim nachfolgenden Preßvorgang auf die Keramikfolie zu liegen kommt. Es ist deshalb beispielsweise auch möglich, die Keramikfolie zunächst auf die Schichtanordnung zu legen und beide zusammen in das Preßwerkzeug zu laden. Die Schichtanordnung 11 bis 14 wird anschließend durch von außen aufgebracht Druck auf die Druckunterlage 1 und/oder das Bodenteil 20 mit der Keramikfolie 14 verpreßt. Der Druck sollte wenigstens 25 N/m² betragen, zweckmäßig sind 30 N/m². Auch wesentlich größere Drücke sind möglich, liefern aber gegenüber dem empfohlenen Druck kein verbessertes Resultat. Der Preßvorgang muß, um die Keramikfolie plastisch verformbar zu machen, bei einer erhöhten Temperatur von 120°C bis 200°C, vorzugsweise bei 150°C, erfolgen.

Nach Beendigung des Preßvorgangs wird der darin erzeugte Preßling, Fig. 4, von der Druckunterlage gelöst und in einem Ofen gebrannt. Die Brenntemperatur beträgt bei Verwendung von Standardmaterialien etwa 800°C bis 900°C, genaue Temperatur und Dauer des Einbrands richten sich nach der verwendeten Keramikfolie und der jeweils individuell vorhandenen Ofenanlage. Wird als Druckunterlage eine Polyesterfolie verwendet, kann auf das Ablösen des Preßbeingangs von der Druckunterlage verzichtet werden. Die Polyesterfolie verbrennt beim Einbrand rückstandsfrei.

Das fertige Widerstandselement besitzt eine sehr glatte und harte Oberfläche 30 sowie eine ebenfalls glatte und zur Oberfläche vollkommenen parallele Unterseite 31. Ohne Mühe kann eine mittlere Rauhtiefe der Oberfläche 30 von < 1 µm erzielt werden. Eine Nachbehandlung ist nicht erforderlich.

Zur Kostenreduzierung ist es sinnvoll, auf einer Druckunterlage mehrere Widerstandselemente gleichzeitig aufzubringen. Der in einem Verfahrensablauf hergestellte Preßling wird anschließend in die einzelnen Widerstandselemente zerteilt.

In einer weiteren Ausführung kann das Widerstandselement auch so beschaffen sein, daß die elektrisch leitfähige Schicht nicht Teil der Oberfläche 30 ist. Die Kontaktierung erfolgt in diesem Fall von der Unterseite 31 des Widerstandselementes her.

In einer weiteren Anwendung kann das Widerstandselement als Drucksensor eingesetzt werden. Für diese Anwendung ist für die Widerstandsbahnen insbesondere eine mäandernde Form zweckmäßig. Weiter empfiehlt es sich in diesem Fall, zunächst eine isolierende

Schicht über die Trennmittelschicht 11 aufzubringen, bevor auf diese dann die Widerstands- und die leitfähige Schicht aufgebracht werden.

Patentansprüche

1. Widerstandselement, insbesondere in Dickschichttechnik, mit wenigstens einer Widerstandsschicht und wenigstens einer Leitungsbahnschicht auf einem isolierenden Substrat, dadurch gekennzeichnet, daß eine Cermet-Widerstandsschicht (12) zusammen mit der Leitungsbahnschicht (13) auf einem keramischen Substrat (14) angeordnet ist, wobei die Cermet-Widerstandsschicht (12) und die Leitungsbahnschicht (13) in das Keramiksubstrat (14) eingepreßt sind und eine glatte Oberfläche mit dem keramischen Substrat (14) bilden.
2. Widerstandselement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das keramische Substrat, welches die Dickschichtanordnung (12, 13) trägt, eine Keramikfolie (14) ist.
3. Widerstandselement nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch die Verwendung als Teil einer elektronischen Schaltung, welche die Änderung des elektrischen Widerstandes der Cermetschicht infolge Druckeinwirkung auf die Oberfläche (30) der Cermetschicht mißt.
4. Verfahren zur Herstellung eines Widerstandselementes nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Schichtanordnung (12, 13) in einem Preßwerkzeug (20 bis 22) mit dem keramischen Substrat (14) verpreßt und eine Druckunterlage (1) nach Abschluß des Preßvorganges entfernt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die der Schichtanordnung (12, 13) zugewandte Seite der Druckunterlage (1) hochglanzpoliert wird.
6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß die hochglanzpolierte Seite der Druckunterlage (1) mit einem Trennmittel (11) benetzt wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Schichtanordnung (12, 13) mit einem in Form einer Folie (14) vorliegenden Keramiksubstrat verpreßt wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß als Substrat eine ungebrannte, flexible Keramikfolie (14) verwendet wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Preßvorgang unter erhöhter Temperatur durchgeführt wird.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der durch Verpressung von Schichtanordnung (12, 13) und Substrat (14) erzeugte Preßling anschließend gebrannt wird.
11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Brennvorgang bei einer Temperatur von 400°C bis 1500°C, vorzugsweise bei 850°C erfolgt.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

FIG. 1

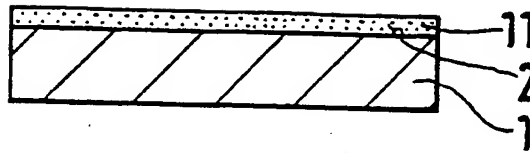


FIG. 2

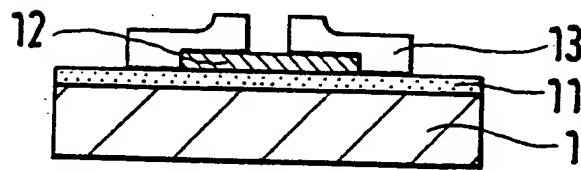


FIG. 3

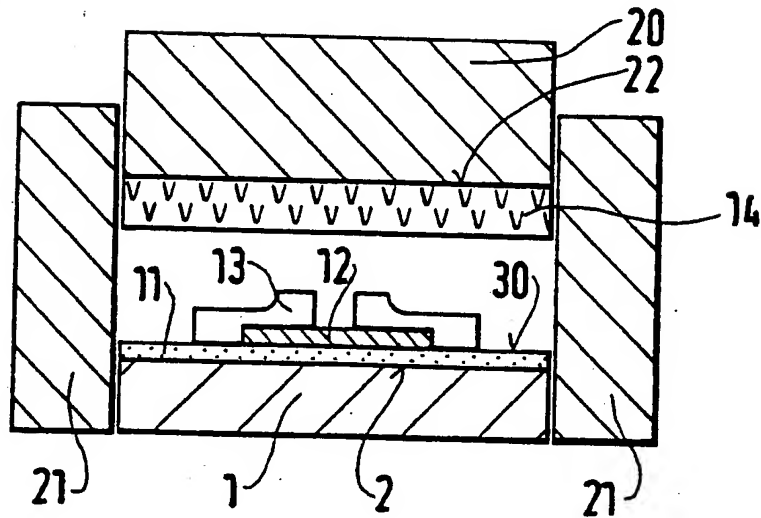


FIG. 4

